

Összefoglaló az ÚNKP-19-4-BME-416 kódszámú pályázat kutatásairól (2019/2020/1)

Tóth, András József

BME-VBK Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék, 1111, Budapest, Budafoki út 8.
ajtoth@envproceng.eu, +36 1 463 1494

Beküldve: 2019. november 29.

Közlésre elfogadva: 2019. december 5.

BEVEZETÉS

Jelen összefoglaló közleményben a „Technológiai hulladékvíz kezelési módszerek összehasonlítása: desztilláció és membrános eljárások” című, ÚNKP-19-4-BME-416 kódú pályázat keretében, a 2019/2020/1-es félévhez köthető, már megjelent tudományos publikációk eredményei kerülnek bemutatásra. A kutatott tématerületen két tudományos publikációt fogadtak el az említett félévben, egy korábban megjelent tudományos publikációt pedig nívódíjjal ismertek el. Ezek ismertetése képezi az összefoglaló tárgyát.

IZOPROPANOL ELTÁVOLÍTÁSA GYÓGYSZERIPARI HULLADÉKVÍZBŐL DESZTILLÁCIÓS ÉS A PERVAPORÁCIÓS ELJÁRÁSOK KOMBINÁLÁSÁVAL [1]

A kutatás motivációja ipari problémából ered: izopropanol (IPA) eltávolítása gyógyszeripari hulladékvízből. A cél eléréséhez hibrid kezelési eljárást vizsgáltunk. Az izopropanol vízmentesítését desztilláció és hidrophil pervaporáció (HPV) kombinálásával oldottuk meg. Rigorózus modellezést

végeztünk és optimalizáltuk a hibrid kezelési eljárást ChemCAD professzionális folyamatszimulátor környezetben.

A munka során irodalmi összefoglalót készítettünk a polivinil-alkohol (PVA) alapú, hidrophil típusú pervaporációs membránok izopropanol elválasztó képességéről, amit az 1. táblázat mutat.

A táblázatban az x_{IPA} a kiindulási izopropanol koncentrációt jelenti tömeg%-ban, J a teljes fluxust, α pedig a szeparációs faktort.

A számítások során szemiempirikus modellt alkalmaztunk a pervaporációs eljárás modellezésénél. Ehhez laboratóriumi méréseket végeztünk a CM-Celfa Membrantechnik AG P-28 típusú készülékkel (1. ábra). A berendezésben 28 m² a lapmembrán effektív felülete. VACUUMBRAND PC2003 VARIO típusú vákuumszivattyút használtunk a mérések során. Termosztát segítségével állítottuk be az állandó hőmérsékletű betáplálást. Folyékony nitrogénnel töltött csapdáknak gyűjtöttük a permeátumot. Shimadzu GC-14B típusú gázkromatográf, illetve a Hanna HI 904 coulometric Karl Fischer titrátorral végeztük a minták analízisét.

PVA membrántípus	XIPA, m/m%	J, g/m ² h	α
1. PVA/Silicalite-1 (5 wt.%)	90	38	11240
2. PVA/Silicalite-1 (10 wt.%)	90	26	17990
3. PVA/ZSM-5 zeolit (Si/Al = 25, 20 wt.%)	90	631	2014
4. Hybrid PVA	90	18	1570
5. 30 wt.% GTMAC/PVA	90	190	1575
6. 20 wt.% GTMAC/PVA	90	165	1262
7. 10 wt.% GTMAC/PVA	90	132	1073
8. PVA + TEOS	90	96	913
9. 40 wt.% GTMAC/PVA	90	325	417
10. SA/PVA (50:50)	90	36	117
11. PVA glutáraldehiddel	90	191	115
12. Pervap 2201	80	4	604

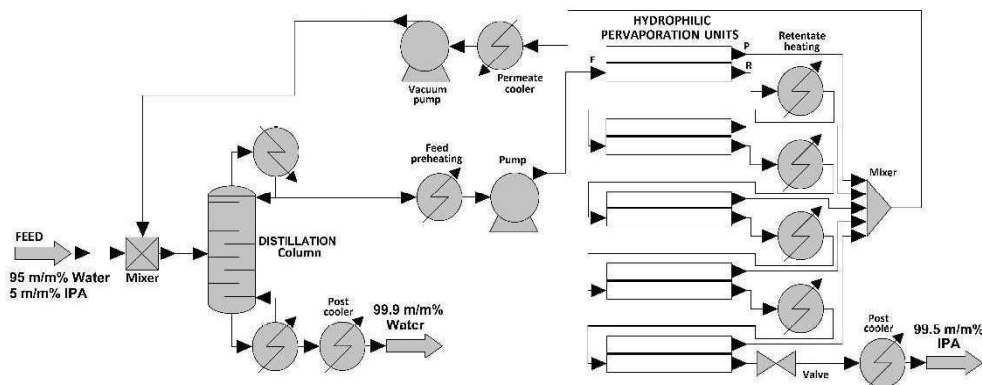
1. táblázat. PVA alapú pervaporációs membránok izopropanol vízmentesítés esetén [1]



1. ábra. CM-Celfa Membrantechnik AG P-28 típusú laboratóriumi készülék [1]

A 2. ábra mutatja be a kidolgozott elválasztási eljárást a ChemCAD folyamatszimulátorban a következő kiindulási értékekkel: 95 tömeg% víz és 5

tömeg% izopropanol. 800 kg/h anyagmennyiség feldolgozása volt a cél, SCDS kolonnát használtunk.

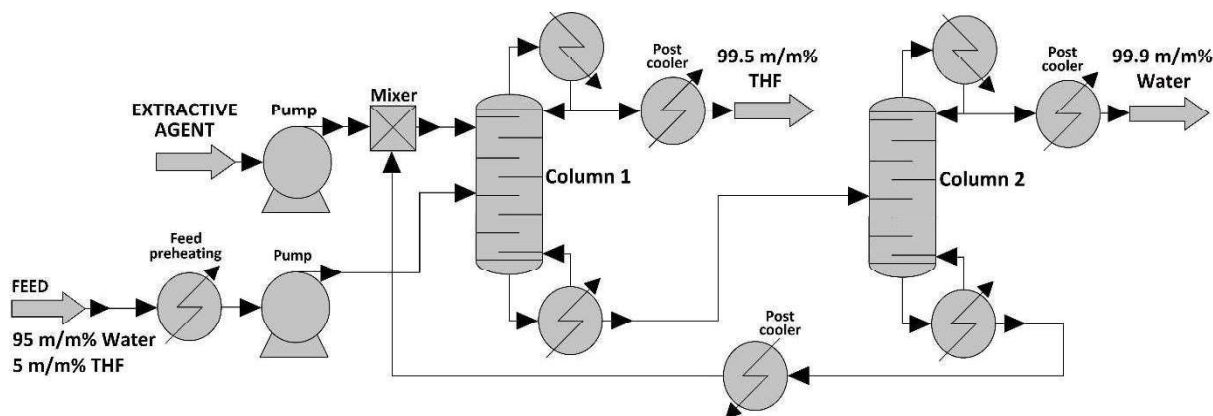


2. ábra. Izopropanol-víz rendszert elválasztó hibrid, desztilláción és pervaporáción alapuló eljárás folyamatábrája [1]

A folyamatszimulátor programban meghatároztuk a desztillációs kolonna minimális elméleti tányérszámát (25) és a minimálisan szükséges memránfelületet (90 m^2). Az optimális refluxarány 1-nek adódott. Az eredmények alapján tanúsíthatjuk, hogy a desztillációs és pervaporációs eljárás kombinálása alkalmas az izopropanol és a víz elválasztására: 99,5 tömeg%-os terméktisztaságok érhetők el.

TETRAHIDROFURÁN ELTÁVOLÍTÁSI ELJÁRÁS VIZSGÁLATA TECHNOLÓGIAI HULLADÉKVÍZ ESETÉBEN [2]

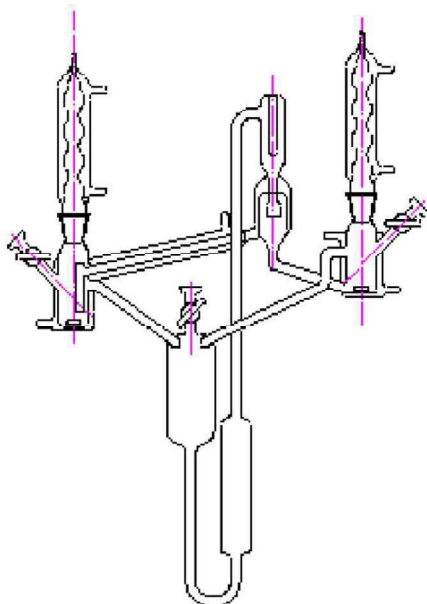
A kutatás szintén ipari problémán alapult: a tetrahydrofuran technológiai hulladékvízből történő eltávolítását vizsgáltam extraktív desztillációval. A rendszer folyamatábrája a 3. ábrán látható.



3. ábra. Tetrahydrofuran-víz elválasztása extraktív desztillációval [2]

Rigorózus modellezést végeztem és professzionális folyamatszimulátor környezetben optimalizáltam az elválasztási folyamatot. A modellezéshez kimértem laboratóriumi egyensúlyi

készüléken a tetrahidrofurán-víz rendszer gőz-folyadék egyensúlyát, hogy konzisztens adatokkal végezhessem a számításokat. A berendezés a 4. ábrán látható.



4. ábra. Egyensúlyi készülék [2]

A modellezés során meghatároztam a kolonnák esetében a minimális elméleti tányérszámot (15 és 20), a refluxarányokat (3 és 1), továbbá az elválasztandó elegy, illetve az extraktív ágens betáplálásának optimálás helyét (7 és 2) az első kolonna esetében. Ezek felhasználásával határoztam meg a rendszer összköltségét (TAC). Dimetil-szulfoxidot használtam extraktív ágensnek az elválasztás során.

Az eredmények azt igazolták, hogy extraktív desztillációval elválasztható egymástól a tetrahidrofurán és a víz, 99,5 tömeg%, illetve 99,9 tömeg% tisztaságú termékeket kapva.

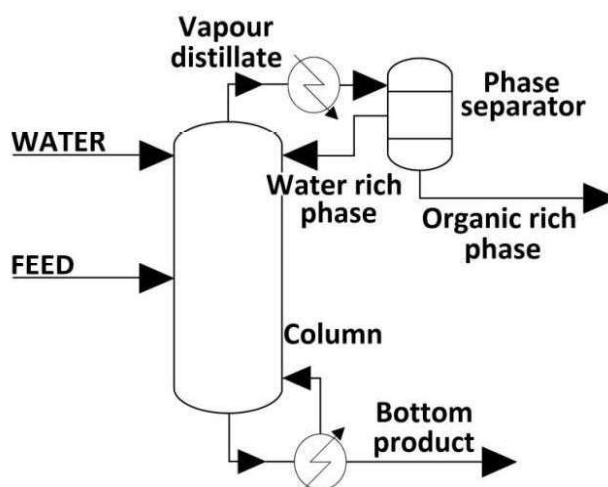
PUBLIKÁCIÓS NÍVÓDÍJBAN RÉSZERÜLT TUDOMÁNYOS CIKK BEMUTATÁSA [3]

2019. november 4-én a kutatási projekt keretében született „A. J. Toth et al.: Enhanced separation of maximum boiling azeotropic mixtures with extractive heterogeneous-azeotropic distillation, *Chem Eng Res Des*, 147, 2019, pp. 55–62.” folyóiratcikk Publikációs Nívódíjban részesült a győri Széchenyi István Egyetemen.

A munka maximális forráspontú azeotrópot tartalmazó oldószerkelegyek elválasztására használható hatékony, gazdaságos módszert ír le. Két erősen

nem-ideális négykomponensű elegy elválasztását vizsgáltuk: víz-aceton-kloroform-metanol és víz-etilacetát-kloroform-etanol. Kiemelendő, hogy az elválasztási feladathoz laboratóriumi berendezést építettünk és a kísérleti eredményeket folyamatszimulátor környezetben verifikáltuk, majd optimalizáltuk az eljárást. Továbbfejlesztettük az extraktív

heteroazeotróp desztillációs (EHAD) technikát, ami igazoltan gazdaságos eljárásnak bizonyult és ipari alkalmazásra készen áll. Továbbá először a szakirodalomban leírtuk a kvaterner elegyek gőz-folyadék egyensúlyát: csomópontok, nyeregpontok számát, illetve stabilitásukat. Az 5. ábra mutatja be az eljárás elvi sémáját.



5. ábra. EHAD-módszer kialakítása maximális forráspontú azeotrópot tartalmazó folyadékelegy esetében [3]

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-4-BME-416 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Program, a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, a TUDFO/51757/2019-ITM kódszámú Témaerületi Kiválósági Program, az 112699-es, az 128543-as és az 131586-os számú OTKA pályázatok támogatásával készült. A kutatómunka az Európai Unió és a magyar állam támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával, a GINOP-2.3.4-15-2016-00004 projekt keretében valósult meg, a felsőoktatás és az ipar együttműködésének elősegítése céljából.



MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

- [1] Andras Jozsef Toth, Reka Ladanyi, Botond Szilagyi & Eniko Haaz (2019). **Isopropanol removal from pharmaceutical process wastewater with combination of distillation and pervaporation**, 11th Eastern European IWA Young Water Professionals Conference, Prága, Csehország, 2019. október 1–5., pp. 422–428. ISBN 978-80-7592-054-6
- [2] Andras Jozsef Toth (2019). **Investigation of tetrahydrofuran removal technology from process**

wastewater, 11th Eastern European IWA Young Water Professionals Conference, Prága, Csehország, 2019. október 1–5., pp. 416–421.

ISBN 978-80-7592-054-6

- [3] Andras Jozsef Toth, Botond Szilagyi, Eniko Haaz, Szabolcs Solti, Tibor Nagy, Agnes Szanyi, Judit Nagy & Peter Mizsey (2019). **Enhanced separation of maximum boiling azeotropic mixtures with extractive heterogeneous-azeotropic distillation**, *Chemical Engineering Research and Design*, 147, pp. 55–62.
doi: 10.1016/j.cherd.2019.05.002